



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103150687 B

(45) 授权公告日 2016.04.27

(21) 申请号 201310092688.6

(22) 申请日 2013.03.22

(73) 专利权人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新西区西源大道2006号

(72) 发明人 刘群英 刘起方 田贵云 胡志远 廖永锋 田云翔

(74) 专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所 (普通合伙) 51227

代理人 李顺德

(51) Int. Cl.

G06Q 50/06(2012.01)

(56) 对比文件

CN 102930175 A, 2013.02.13,

刘群英等. 基于支路势能信息的电网脆弱性评估. 《运行可靠性与广域安全防御》. 2008, 第32卷(第10期), 6-10.

Å

ke Holmgren. Vulnerability Analysis of Electric Power Delivery Networks. 《TRITA-LWR LIC 2020》. 2004,

Å

KE J. HOLMGREN. Quantitative Vulnerability Analysis of Electric Power Networks. 《TRITA-TEC-PHD》. 2006, 全文.

审查员 曹妹妹

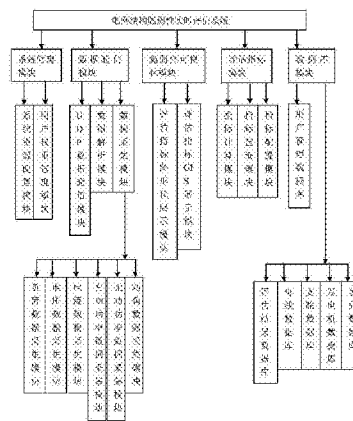
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

电网结构脆弱性实时评估系统

(57) 摘要

本发明涉及电网结构脆弱性的量化及可视化展示技术。本发明公开了一种电网结构脆弱性实时评估系统,对电网结构脆弱性进行实时评估和分析。本发明的技术方案是,电网结构脆弱性实时评估系统,包括系统管理模块、数据通信模块、脆弱性可视化模块、评估指标模块和数据库模块。本发明基于广域测量信息,对电网结构脆弱性进行实时评估,实现了电网中运行参数的实时记录、实时显示和结构脆弱性评估等功能。一方面,实现了接收 WAMS 传送来的动态数据,并解析动态结构和状态信息,实现了电网运行状态参数的实时记录;另一方面,本发明实现了电网结构脆弱性评估及结果展示,为提高大电网的安全运行提供了依据。



CN 103150687 B

1. 电网结构脆弱性实时评估系统,包括系统管理模块、数据通信模块、脆弱性可视化模块、评估指标模块和数据库模块;

所述系统管理模块,包括用户权限管理模块和系统资源配置模块,用于用户的权限管理、安全保护和各种操作的合法性检验,同时对系统内其它模块的资源进行调度和配置;

所述数据通信模块,包括UDP数据通信模块、数据解析模块和数据采集模块,通过以太网连接广域测量系统中的同步相量测量装置进行通信,接收同步相量测量装置发送的UDP报文,进行报文解析,将数据录入并存于数据表;所述数据采集模块,包括电压数据采集模块、电流数据采集模块、有功功率数据采集模块和无功功率数据采集模块、功角数据采集模块、负荷数据采集模块,用于电力系统动态数据的记录,所述数据采集模块在实时显示数据的同时还同数据库模块进行数据通信,把动态数据实时的写入数据库模块,同时通过访问数据库模块对历史数据进行浏览;

所述脆弱性可视化模块,包括评估指标图形化展示模块和评估指标GIS展示模块,用于显示电网当前运行状况,所述评估指标图形化展示模块,以柱状图的形式展示大电网安全状况的结构脆弱性综合评估指标及两种不同指标下的评估:基于复杂系统理论的结构脆弱性评估和基于能量函数的结构脆弱性评估;第一步,调用电网拓扑和运行状态数据;第二步,给定故障类型,计算支路和节点的能量大小;第三步,以所计算的各支路和节点的能量值作为对应支路和节点的权重,计算节点介数和支路介数及其累积分布;第四步,计算电网冗余度;第五步,根据电网冗余度辨识脆弱区域;

所述评估指标模块,包括指标计算模块、指标查询模块和指标配置模块,指标计算模块从数据库模块中提取指标模型计算需要的实际运行参数值,通过指标模型计算得到评估指标的计算值;所述计算值在脆弱性可视化模块中以仪表盘、柱状图、散点图以及表格方式显示;所述实际运行参数值包括发电机和线路的电压、电流、功角、有功功率和无功功率;所述指标查询模块采用Ajax技术,具备查询、生成对比柱状图以及生成详细Excel报表三种功能;所述指标配置模块具备扩展功能,在指标体系需要扩充或增减时,可调用指标配置模块进行指标体系的配置或更新,结果存入指标体系库;

所述数据库模块包括用户管理数据库、母线数据库、支路数据库、发电机数据库、负荷数据库、评估结果数据库。

2. 根据权利要求1所述的电网结构脆弱性实时评估系统,其特征在于,所述数据库模块采用Access以及My SQL来实现,具备与数据通信模块通信功能。

3. 根据权利要求1所述的电网结构脆弱性实时评估系统,其特征在于,所述数据通信模块的通信符合IEEE C37.118协议。

4. 根据权利要求1所述的电网结构脆弱性实时评估系统,其特征在于,所述评估指标GIS展示模块采用地图展示软件,将评估结果以带颜色柱状图的方式直接显示在电网地理对应点。

电网结构脆弱性实时评估系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统安全运行评估技术,特别涉及电网结构脆弱性的量化及可视化展示技术。

背景技术

[0002] 随着电网互联进程的继续推进,电网规模日益庞大。大电网的结构和运行方式更加复杂,不可预见的因素增多,电网的脆弱特性变得愈加难以掌控。从电网调度人员的角度,如何掌握大电网的全局结构脆弱特性,了解大电网的实际运行状态,制定正确的调度模式,保证大电网的安全运行,是迫切之需。因此,如何提出有效的电网结构脆弱性量化指标并能可视化展示电网的结构脆弱性,已经成为电网安全性领域的研究焦点。

[0003] 电网结构脆弱性评估方法的研究,主要基于故障类型,不同的故障类型所采用的评估方法不同。目前,电网的故障类型主要分为确定性的故障类型和不确定性的故障类型,基于以上故障分类,目前的研究思路主要从三个方面展开:(1)基于风险理论的结构脆弱性评估方法;(2)基于复杂系统理论的结构脆弱性评估方法;(3)基于能量函数的结构脆弱性评估方法。第一种的研究思路主要从概率的角度来评估电网结构脆弱的可能性,是属于不确定性故障情况下的脆弱性研究,第(2)、(3)种主要从确定性的故障类型角度来展开结构脆弱性评估研究。第(2)种思路基于复杂系统理论来构建评估指标,是单纯的电网结构脆弱性的评估。第(3)种思路基于能量函数来构建评估指标,侧重于考虑电网运行状态的结构脆弱性评估。目前,这些研究思路通过实验室仿真验证,都证明了其在评估大电网结构脆弱性的适用性,但都较少进入实际应用。

[0004] 以满足电力系统广域数据的在线和实时采集为目标的WAMS(广域测量系统Wide Area Measurement System),其发展和应用,能提高大电网的监测水平和安全监控能力。对现有广域测量系统进行数据处理,实现其高级应用,更是当前现场和研究人员思考的热点问题。因此,基于WAMS对电网运行过程的实时记录、动态监视,结合现有电网结构脆弱性研究成果的实际应用,从而实现电网结构脆弱性的实时评估,提高调度可靠性水平,具有重要的实际应用价值。

[0005] 目前已有的电力系统安全性评估系列软件,大多数处于离线应用阶段,作为近十几年才展开的电网结构脆弱性研究,其研究成果更是还未能形成完整的软件系统。基于此现状,本发明致力于结合WAMS信息,将电网结构脆弱性的研究成果应用于实时评估中,进一步提高电力系统的安全性评估的实际应用水平。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题,就是针对现有电网结构脆弱性研究成果只能离线分析未能可视化的局限性,结合WAMS的优势以及各种评估算法的优点,提供一种电网结构脆弱性实时评估系统,对电网结构脆弱性进行实时评估和分析。

[0007] 本发明解决所述技术问题采用的技术方案是,电网结构脆弱性实时评估系统,包

括系统管理模块、数据通信模块、脆弱性可视化模块、评估指标模块和数据库模块；

[0008] 所述系统管理模块,包括用户权限管理模块和系统资源配置模块,用于用户的权限管理、安全保护和各种操作的合法性检验,同时对系统内其它模块的资源进行调度和配置;

[0009] 所述数据通信模块,包括UDP数据通信模块、数据解析模块和数据采集模块,通过以太网连接广域测量系统中的同步相量测量装置进行通信,接收同步相量测量装置发送的UDP报文,进行报文解析,将数据录入并存于数据表;所述数据采集模块,包括电压数据采集模块、电流数据采集模块、有功功率数据采集模块和无功功率数据采集模块、功角数据采集模块、负荷数据采集模块,用于电力系统动态数据的记录,所述数据采集模块在实时显示数据的同时还同数据库模块进行数据通信,把动态数据实时的写入数据库模块,同时通过访问数据库模块对历史数据进行浏览;

[0010] 所述脆弱性可视化模块,包括评估指标图形化展示模块和评估指标GIS展示模块,用于显示电网当前运行状况,所述评估指标图形化展示模块以柱状图的形式展示大电网安全状况的结构脆弱性综合评估指标及两种不同指标下的评估:基于复杂系统理论的结构脆弱性评估和基于能量函数的结构脆弱性评估;第一步,调用电网拓扑和运行状态数据;第二步,给定故障类型,计算支路和节点的能量大小;第三步,以所计算的各支路和节点的能量值作为对应支路和节点的权重,计算节点介数和支路介数及其累积分布;第四步,计算电网冗余度;第五步,根据电网冗余度辨识脆弱区域;

[0011] 所述评估指标模块,包括指标计算模块、指标查询模块和指标配置模块,指标计算模块从数据库模块中提取指标模型计算需要的实际运行参数值,通过指标模型计算得到评估指标的计算值;所述计算值在脆弱性可视化模块中以仪表盘、柱状图、散点图以及表格方式显示;所述实际运行参数值包括发电机和线路的电压、电流、功角、有功功率和无功功率;所述指标查询模块采用Ajax技术,具备查询、生成对比柱状图以及生成详细Excel报表三种功能;所述指标配置模块具备扩展功能,在指标体系需要扩充或增减时,可调用指标配置模块进行指标体系的配置或更新,结果存入指标体系库;

[0012] 所述数据库模块包括用户管理数据库、母线数据库、支路数据库、发电机数据库、负荷数据库、评估结果数据库。

[0013] 具体的,所述数据库模块采用Access以及My SQL来实现,具备与数据通信模块通信功能。

[0014] 具体的,所述数据通信模块的通信符合IEEE C37.118协议。

[0015] 具体的,所述评估指标GIS展示模块采用地图展示软件,将评估结果以带颜色柱状图的方式直接显示在电网地理对应点。

[0016] 本发明的有益效果是,基于广域测量信息,对电网结构脆弱性进行实时评估,实现了电网中运行参数的实时记录、实时显示和结构脆弱性评估等功能。一方面,实现了接收WAMS装置传送来的动态数据,并解析动态结构和状态信息,实现了电网运行状态参数的实时记录;另一方面,本发明实现了电网结构脆弱性评估及结果展示,为提高大电网的安全运行提供了依据。

附图说明

[0017] 图1是本发明的软件系统功能框图；

[0018] 图2是软件流程图；

[0019] 图3是基于能量函数的结构脆弱性评估算法的实现流程图；

[0020] 图4是基于复杂系统理论的结构脆弱性评估算法的实现流程图；

[0021] 图5是基于能量函数的电网结构脆弱性评估方法和基于复杂系统理论的电网结构脆弱性评估方法的综合评估实现流程图。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图详细描述本发明的技术方案。在以下的描述中，已知功能和设计的详细描述也许会淡化本发明的主题内容，这些描述在这里将被忽略。

[0023] 本发明的电网结构脆弱性实时评估系统是基于WAMS信息，属于WAMS系统高级应用的功能。本发明的软件系统具有通信接口，可与WAMS系统的主站通信，可充分利用WAMS主站的通信网络接收全网数据进行分析。提供同步的实时信息、每秒50帧的速率向WAMS系统主站传送数据、数据都打上GPS同步的时标是PMU(Phase Measurement Unit)的突出特点，本发明利用这些实时数据，可以实现电网的结构脆弱性的实时评估以及脆弱区域动态辨识，提高电网安全运行水平。首先，WAMS系统中的PMU通过GPS同步采集数据，数据打包发送给主站程序，主站程序通过数据通信模块实现数据通信，将数据送到数据库模块，数据库模块根据需要送到系统管理模块、脆弱性可视化模块以及评估指标模块，进行数据处理，处理过的数据再次送回数据库保存，同时系统管理模块对整个系统资源进行调度，并分配权限，并根据用户的需要来实施操作数据的各种功能。

[0024] 参见图1，本发明的功能模块包括以下部分：

[0025] (1)系统管理功能模块，主要实现结构脆弱性评估系统的安全保护、用户的权限管理和检验各种操作的合法性，同时对系统其它模块的相关资源进行调度、配置。

[0026] (2)数据通信模块，包括UDP数据通信模块、数据解析模块和数据采集模块，主要实现与WAMS之间的通信，并实现数据解析及电网数据记录功能。通过以太网，接收来自WAMS的UDP报文，并解析WAMS的基本信息，然后将数据录入并存于数据表。数据通信模块通过GUI绘制线程与接收数据线程共用一个数据链表的方法，共享并保存最新数据。

[0027] (3)脆弱性可视化模块，包括评估指标图形化展示模块和评估指标GIS(地理信息系统Geographic Information System)展示模块，分别采用Jfreechart(JAVA的一个图表绘制类库)技术和GIS技术，主要实现对电网运行状态和评估结果的友好直观展示。可视化显示模块将以下数据以带颜色柱状图或者表的形式实时显示于界面上，包括：支路有功功率、无功功率，发电机的电压、电流、功角、频率、有功功率、无功功率、评估指标等数据实时显示。可视化显示模块同时还同数据库进行通信，把动态数据实时的写入数据库，同时可以通过访问数据库对历史数据进行浏览和显示。

[0028] (4)评估指标模块，包括指标计算模块、指标查询模块和指标配置模块，主要实现结构脆弱性的评估指标计算、查询和指标扩展功能。指标计算模块从数据库中提取指标模型计算需要的系统运行实际参数值，通过指标模型计算得到评估指标的计算值；指标查询模块采用Ajax技术，具备三种功能：一是查询某一时间电网所有区域的脆弱性指标值，以表格的形式显示，二是生成某两时刻之间的对比柱状图，三是生成详细的Excel报表。指标配

置模块根据用户需求对评估体系进行配置和维护,在指标体系需要扩充或增减时,需要调用该模块进行指标体系的配置或更新,结果存入指标体系库。

[0029] (5)数据库模块,包括用户管理数据库、母线数据库、支路数据库、发电机数据库、负荷数据库以及评估结果数据库,主要实现对用户数据、电网实时数据以及评估结果数据的保存,方便其它模块对其调用和查询数据。由于本系统涉及的数据量大而且需要密集操作,因此采用My SQL来实现。该模块可与数据通信模块通信,接收其传来的数据并保存。

[0030] 图2是本发明的软件流程图,用户首先通过登录、身份验证成功之后,才可以获得相应身份的权限对软件进行操作,软件操作分为实时和离线两大类,实时通信成功建立后,对WAMS主站发送过来的实时数据进行解析,提供给用户进行相应的操作,主要包括电网运行状态信息。脆弱性评估主要通过两种方法进行分析,分别是基于能量函数的电网结构脆弱性评估算法和基于复杂系统理论的结构脆弱性评估算法。离线功能不需要同WAMS主站通信,可直接访问数据库对数据进行离线分析,离线分析也通过两种方法进行,分别是基于能量函数的电网结构脆弱性评估算法和基于复杂系统理论的结构脆弱性评估算法。两大类操作分析出来的数据都会保存到数据库中。

[0031] 图3是基于能量函数的结构脆弱性评估算法的实现流程图。该图是根据工程实际经验以及该算法本身的应用特点构建,是实现电网结构脆弱性评估的框架。能量函数自身计算快速的优点使其在在线应用方面具有优势,另一方面,可容多种系统参数于同一模型框架中又使其在作为量化指标方面具有应用潜力。该指标首先从WAMS主站获取能量函数模型计算所需要的参数,进行支路能量的计算,比传统基于潮流计算获取模型参数的方法计算速度更快。另外,来自WAMS主站的数据,无限接近系统实际运行,基于此求取评估指标,评估结果更精确。

[0032] 图4是基于复杂系统理论的结构脆弱性评估算法的实现流程图。第一步,依次计算电网的平均距离、节点介数和度数的计算、节点介数累积分布计算、支路介数和度数的计算、支路介数累积分布计算;第二步,计算电网的冗余度;第三步,判断有无系统故障,系统无故障发生,单纯从结构的角度给出脆弱区域的辨识结果,如果有故障发生,则重复第一步,并给出脆弱区域辨识结果。能够重复多次辨识同一故障下的电网结构脆弱区域是本算法的一个特点。

[0033] 图5是基于能量函数的电网结构脆弱性评估方法和基于复杂系统理论的电网结构脆弱性评估方法的综合评估思路的实现流程图。第一步,调用电网拓扑和运行状态数据;第二步,给定故障类型,计算支路和节点的能量大小并基于复杂系统;第三步,以所计算的各支路和节点的能量值作为对应支路和节点的权重,计算节点介数和支路介数及其累积分布;第四步,计算电网冗余度;第五步,根据电网冗余度辨识脆弱区域。综合评估结合了复杂网络凸现电网拓扑的优势和能量函数综合体现电网运行状态的优势,比使用单一的评估指标更准确。

[0034] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,但应当清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在权利要求限定的本发明的范围内,这些变化是显而易见的,均属于本发明的保护范围。

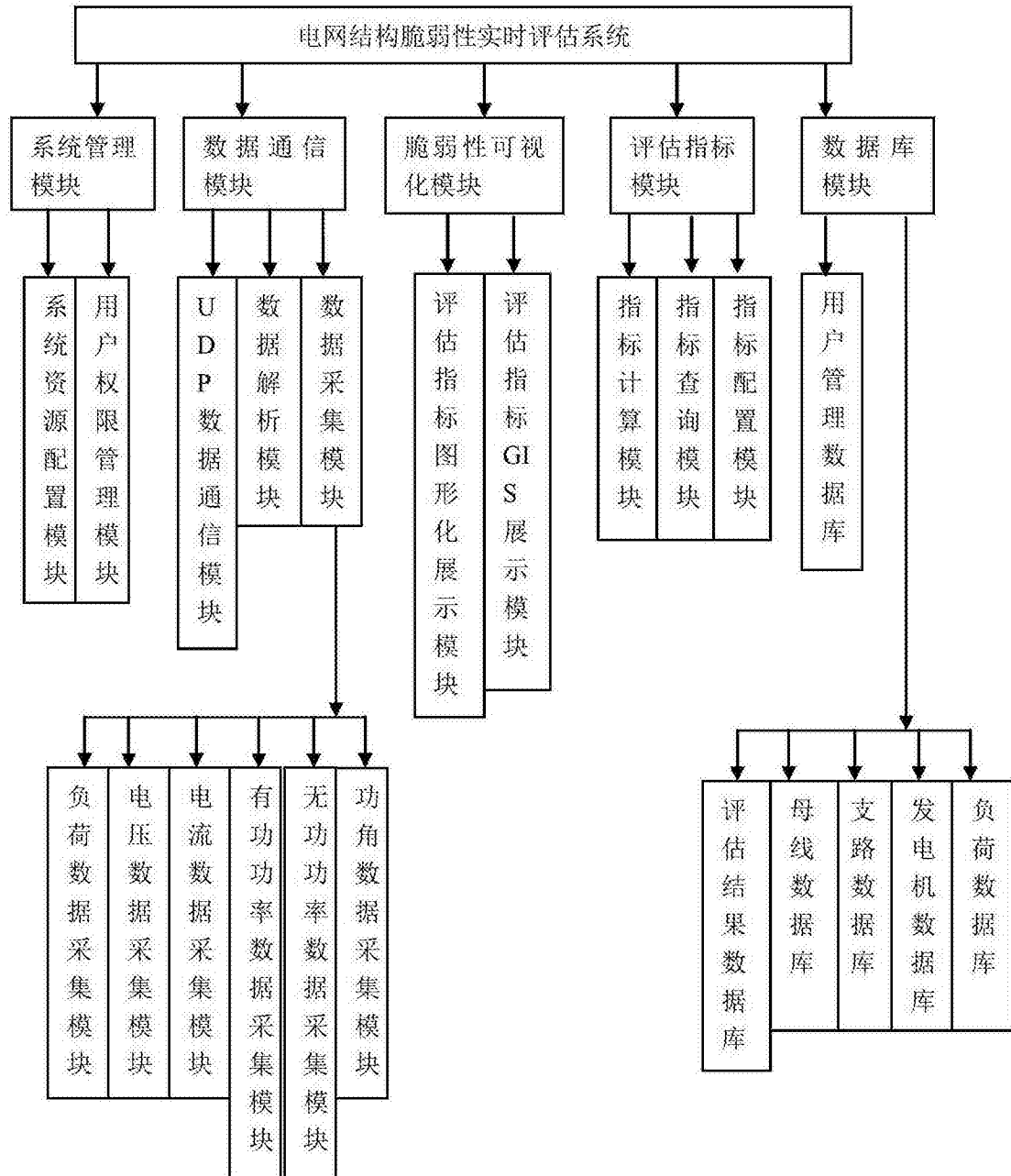


图1

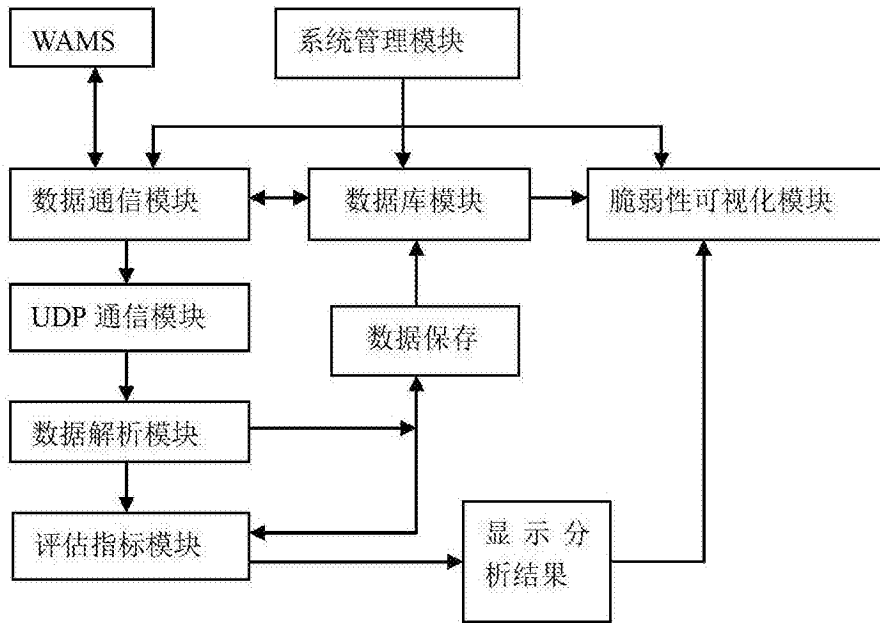


图2

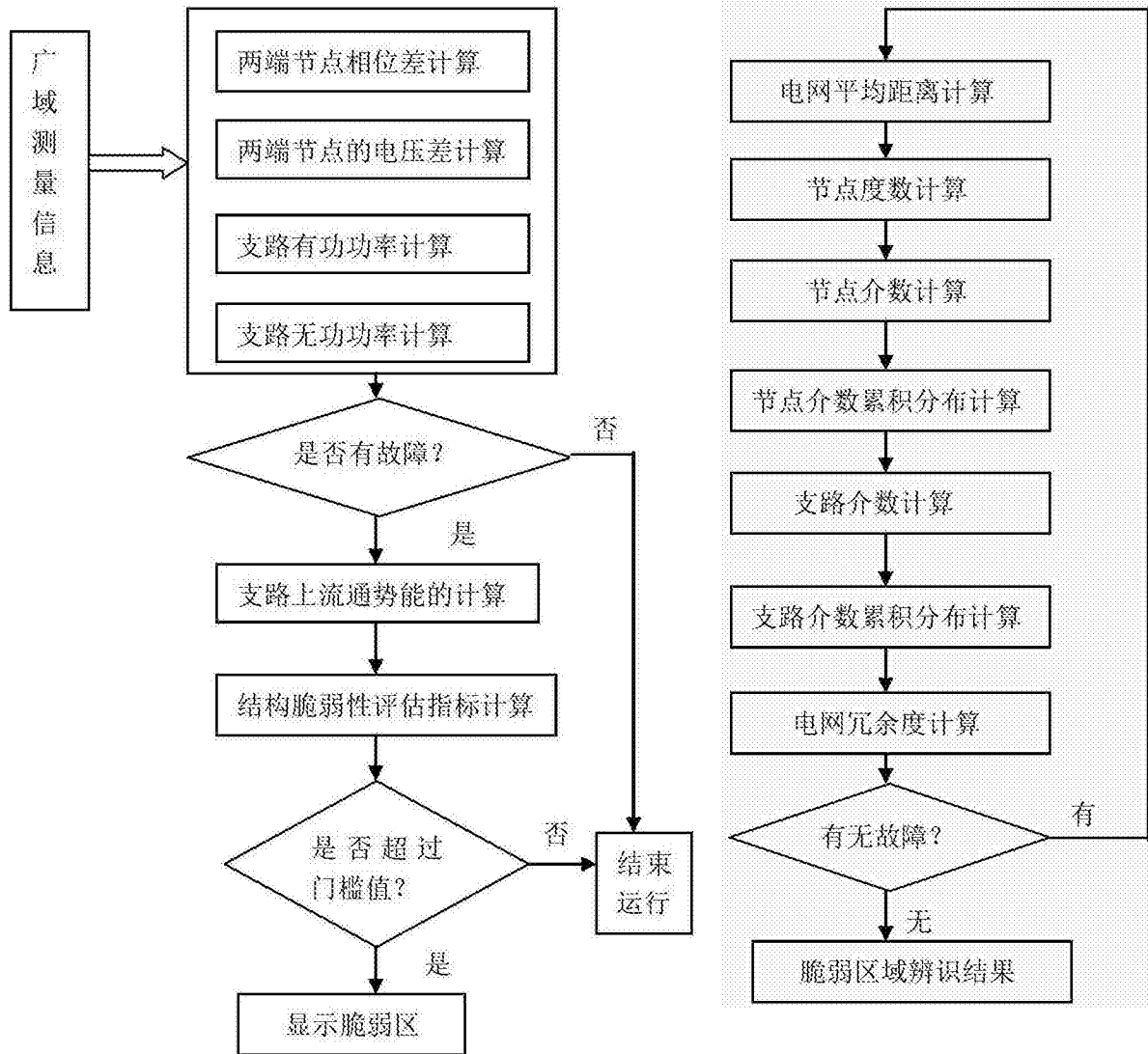


图3

图4

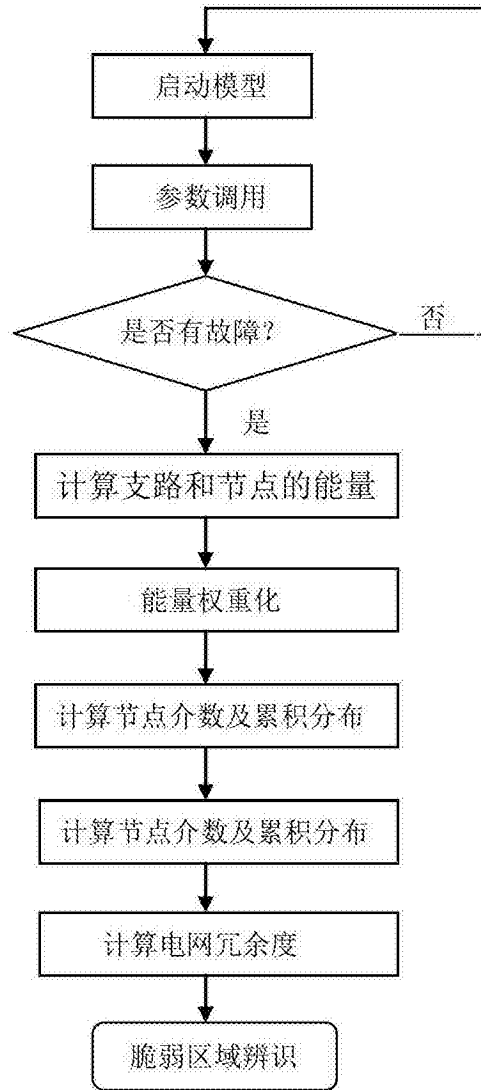


图5